

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-012533

(43)Date of publication of application : 16.01.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03B 27/72

G03F 7/20

(21)Application number : 08-167748

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 27.06.1996

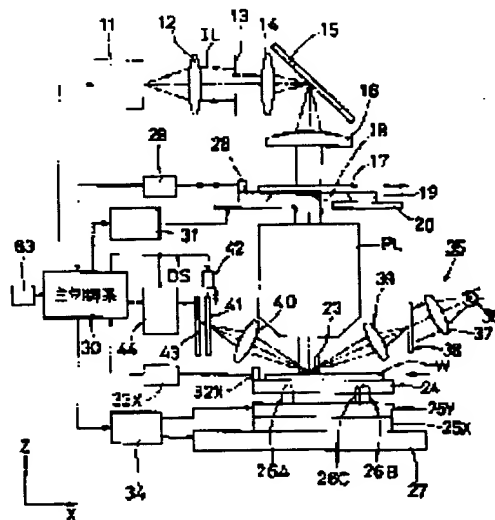
(72)Inventor : MIYAI TSUNEO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR EXPOSURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for exposure by which light exposure of photosensitive material can be measured, without lowering the throughput of the apparatus and can be optimally controlled, in accordance with the measured values.

SOLUTION: Light irradiation causes photochemical reaction of the photosensitive material, to change the reflectivity of the photosensitive material. This is utilized for detecting the light exposure. A light source 11 for exposure, etc., are controlled to optimize the light exposure detected by the reflectivity of the photosensitive material which is applied to a photosensitive substrate W. The reflectivity of the photosensitive material may be measured once after exposure, or may be measured before and after the exposure, to obtain the variation. A sensor for measuring the reflectivity of the photosensitive material can also be used as an AF sensor 35.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-12533

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| H 0 1 L 21/027 | | | H 0 1 L 21/30 | 5 1 6 D |
| G 0 3 B 27/72 | | | G 0 3 B 27/72 | Z |
| G 0 3 F 7/20 | 5 2 1 | | G 0 3 F 7/20 | 5 2 1 |
| | | | H 0 1 L 21/30 | 5 1 6 C |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-167748

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月27日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 宮井 恒夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

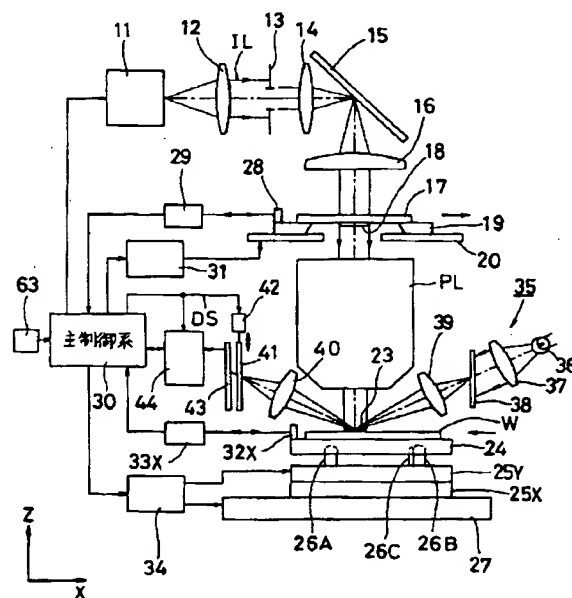
(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔 (外1名)

(54) 【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 露光装置のスループットを低下させることなく感光剤の露光量を測定し、その測定に基づいて露光量を最適に制御する。

【解決手段】 感光剤は光照射によって光化学反応を起こし、反射率が変化することを利用して露光量を検出する。感光基板Wに塗布された感光剤の反射率から露光量を検出し、それが最適露光量となるように露光光源11等を制御する。感光剤の反射率は、露光後に測定するだけでもよいし、露光の前後に測定して変化量を求めてもよい。また、感光剤の反射率を測定するセンサは、A Fセンサ35と兼用とすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 転写用のパターンが形成されたマスクを所定の照明領域で照射し、前記マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して感光剤が塗布された感光基板上の所定の露光領域に投影した状態で、前記マスク及び前記感光基板を前記投影光学系に対して同期して走査することにより前記マスクのパターンを前記感光基板に露光する露光方法において、

前記露光の後に前記感光基板に塗布された感光剤の反射率を測定し、測定された反射率に基づいて前記感光基板への露光量を制御することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 転写用のパターンが形成されたマスクを所定の照明領域で照射し、前記マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して感光剤が塗布された感光基板上の所定の露光領域に投影した状態で、前記マスク及び前記感光基板を前記投影光学系に対して同期して走査することにより前記マスクのパターンを前記感光基板に露光する露光方法において、

前記露光の前後に前記感光基板に塗布された感光剤の反射率を測定し、露光の前後で測定された反射率に基づいて前記感光基板への露光量を制御することを特徴とする露光方法。

【請求項 3】 光源からの光束をパターンが形成されたマスクへ導く照明光学系と、前記マスクを載置して移動するマスクステージと、前記マスクを透過した光束を感光剤が塗布された感光基板に投影する投影光学系と、前記感光基板を載置して移動する基板ステージと、前記マスクと前記感光基板とが同期して走査されるように前記マスクステージと前記基板ステージを駆動制御するステージ制御手段とを含む露光装置において、
前記露光後の前記感光基板の領域に前記感光剤に対して不感光の光を照射する光照射手段と、
前記感光剤で反射された前記不感光の光を検出する検出手段と、
前記検出手段の検出結果に基づいて前記感光基板への露光量を制御する制御手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 4】 光源からの光束をパターンが形成されたマスクへ導く照明光学系と、前記マスクを載置して移動するマスクステージと、前記マスクを透過した光束を感光剤が塗布された感光基板に投影する投影光学系と、前記感光基板を載置して移動する基板ステージと、前記マスクと前記感光基板とが同期して走査されるように前記マスクステージと前記基板ステージを駆動制御するステージ制御手段とを含む露光装置において、
前記露光前後の感光基板の領域に前記感光剤に対して不感光の光を照射する光照射手段と、
前記露光前後の感光基板の領域の感光剤で反射された前記不感光の光を検出する検出手段と、
前記検出手段の検出結果に基づいて前記感光基板への露

光量を制御する制御手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 5】 請求項 3 又は 4 記載の露光装置において、
前記制御手段は前記光源の光量を制御するものであることを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 光源からの光束をパターンが形成されたマスクへ導く照明光学系と、前記マスクを載置して移動するマスクステージと、前記マスクを透過した光束を感光剤が塗布された感光基板に投影する投影光学系と、前記感光基板を載置して移動する基板ステージと、前記マスクと前記感光基板とが同期して走査されるように前記マスクステージと前記基板ステージを駆動制御するステージ制御手段とを含む露光装置において、

前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に駆動するために前記基板ステージの下方に設けられた駆動手段と、
前記感光基板に前記感光剤に対して不感光の光を照射する光照射手段と、

前記感光剤で反射された前記不感光の光を検出する検出手段と、

前記検出手段の検出結果に基づいて、前記露光中に前記駆動手段を制御して前記感光基板を前記投影光学系の結像位置に駆動すると共に、前記感光基板への露光量を制御する制御手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の露光装置において、
前記制御手段は、前記感光剤の露光前後の反射率の差異に基づいて前記露光量を制御することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 請求項 6 記載の露光装置において、
前記制御手段は、前記感光剤の露光前後の反射率と、前記マスクの光透過部分と遮光部分の比率とに基づいて、前記光源の光量を制御することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子、液晶表示素子、CCD素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際にマスクのパターンを感光基板に露光する露光方法及び露光装置に関し、更に詳しくはマスクと感光基板を投影光学系に対して同期して走査することによりマスクパターンを感光基板上に逐次転写する走査露光方式の露光方法及び露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造するに際して、フォトマスク又はレチクル（以下、マスクという）に形成されたパターンを投影光学系を介してフォトレジスト等の感光剤が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感光基板に露光する投影露光装置が使用されている。投影露光装置としては、感光基板をステッピング移動させながら、感光基板上のショット領域にマスクのパターンを順次投影露光

するステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置が多く用いられている。最近では、半導体素子等の1個のチップパターンが大型化する傾向にあり、より大面積のパターンを感光基板上に投影露光することが求められている。

【0003】このような被転写パターンの大型化に対応するために、マスクと感光基板を投影光学系に対して同期して走査することにより、投影光学系の露光フィールドより広い範囲のショット領域へ露光が可能な走査露光方式の露光装置が開発されている。走査露光の方式としては、1枚のマスクパターンの全体を等倍で1枚の感光基板の全面に逐次露光するアライナー、及び感光基板上の各ショット領域への露光を縮小投影で且つ走査露光方式で行うと共に、各ショット領域間の移動をステッピング方式で行うステップ・アンド・スキャン方式のものが知られている。投影露光装置においては、感光基板の露光面を投影光学系の像面（最良結像面）に合わせ込んだ状態で露光を行う必要があるため、走査露光方式の露光装置においても、感光基板の露光面の基準点のフォーカス方向の高さ（フォーカス位置）をその像面に合わせるオートフォーカス機構と、感光基板の露光面の平均的な面をその像面に平行に合わせるオートレベリング機構とが設けられている。オートフォーカス（AF）のためのセンサとしては種々のものが提案されているが、多く用いられているものに、走査方向に見て露光領域の前後に計測点を有するAFセンサ、例えば2次元の多点AFセンサがある。

【0004】この露光領域の前後に計測点を有するAFセンサは、露光領域の直前部分の様子を先読みセンサで予め計測し、先読みセンサで計測した計測部分が露光領域に移動するまでに、オートフォーカス及びオートレベリングを行う構成になっている。露光領域の後にも計測点を有するのは、感光基板の走査方向が往復いずれの方向であっても走査露光できるようになっているためである。例えば投影光学系に対する感光基板の走査方向が+X方向のときは、露光領域に対して+X方向に設定されている計測点を計測するセンサを先読みセンサとして使用し、逆に感光基板の走査方向が-X方向のときは、露光領域に対して-X方向に設定されている計測点を計測するセンサを先読みセンサとして使用する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで露光装置は、基板上にレジストパターンを所望の精度で形成するために、フォトリジストの露光量を最適に制御する必要がある。例えばフォトリジストへの露光量が少ないと、パターンの焼き付け領域での感光が不十分で露光領域と非露光領域との境界が曖昧となり、現像処理を経て形成されるパターンのプロファイル形状も劣化する。逆にフォトリジストへの露光量が多すぎると、遮光部分のフォトリジストが感光してしまい、所望形状のパターンを得るこ

とができない。

【0006】従来、露光装置におけるフォトリジストへの露光量の測定は、感光基板の交換時期のような焼き付けの合い間に基板ステージ上に設けられている露光量センサを投影光学系の光軸位置まで移動させて露光光の強度を測定することで行っていた。しかし、この方法では、露光量測定の度毎に基板ステージ上の露光量センサを投影光学系の光軸下まで移動させなければならず、仮に感光基板交換時等の露光動作時以外のときに測定動作を行うにしても、ステージ移動動作が必要なために露光装置のスループットが低下する問題があった。

【0007】本発明は、このような従来技術の問題点を鑑みてなされたもので、露光装置のスループットを低下させることなく、フォトリジスト等の感光剤の露光量を測定し、その測定に基づいて露光量を最適に制御することのできる走査露光方式の露光方法及び露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】フォトリジスト等の感光剤は、光照射によって光化学反応を起こし、現像剤に対する耐性が変化する。この光化学反応によって感光剤の屈折率及び表面反射率が変化する。したがって、感光基板に塗布されている感光剤の表面反射率は露光の前後で変化し、この反射率の変化あるいは露光後の反射率の値を測定することで、感光剤の露光量を検出することができる。そして、検出された露光量をもとに制御装置で露光光源の発光強度等を制御することにより、感光剤を最適露光量で露光することができる。一方、走査露光方式の露光装置には、露光領域の前後の計測点に光照射して各計測点からの反射光を検出するAFセンサが備えられているのであるから、AFセンサの出力を露光による感光剤の表面反射率変化あるいは露光後の反射率の測定のために用いると、既存の装置構成に大きな変更を加えることなく走査露光方式の露光装置に露光量計測機能及び露光量制御機能を付加することができる。

【0009】本発明は、以上のような検討のもとになされたものであり、感光基板に塗布された感光剤の反射率から露光量を検出し、それが最適露光量となるように露光光源等を制御するものである。感光剤の反射率は、露光後に測定するだけでもよいし、露光の前後に測定して変化量を求めてもよい。また、感光剤の反射率を測定するセンサは、AFセンサと兼用とすることができる。なお、反射率測定のために感光剤に照射される光強度が既知あるいは一定の場合、反射光強度を反射率の代わりに用いることができる。この場合、本発明にとって反射率と反射光強度は実質的に同義である。

【0010】すなわち、本発明は、転写用のパターンが形成されたマスクを所定の照明領域で照射し、マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して感光剤が塗布された感光基板上の所定の露光領域に投影した状態で、

マスク及び感光基板を投影光学系に対して同期して走査することによりマスクのパターンを感光基板に露光する露光方法において、露光の後に感光基板に塗布された感光剤の反射率を測定し、測定された反射率に基づいて感光基板への露光量を制御することを特徴とする。感光剤の反射率を露光の前後に測定し、それらの反射率の差や比率等の情報に基づいて感光基板への露光量を制御するようにしてもよい。

【0011】また、本発明は、光源からの光束をパターンが形成されたマスクへ導く照明光学系と、マスクを載置して移動するマスクステージと、マスクを透過した光束を感光剤が塗布された感光基板に投影する投影光学系と、感光基板を載置して移動する基板ステージと、マスクと感光基板とが同期して走査されるようにマスクステージと基板ステージを駆動制御するステージ制御手段とを含む露光装置において、露光後の感光基板の領域に感光剤に対して不感光の光を照射する光照射手段と、感光剤で反射された不感光の光を検出する検出手段と、検出手段の検出結果に基づいて感光基板への露光量を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。光照射手段で露光前後の感光基板の領域に感光剤に対して不感光の光を照射し、検出手段で露光前後の感光基板の領域の感光剤で反射された不感光の光を検出し、検出手段の検出結果に基づいて感光基板への露光量を制御するようにしてもよい。

【0012】制御手段は光源の光量を制御することによって感光基板への露光量を制御することができる。また、本発明は、光源からの光束をパターンが形成されたマスクへ導く照明光学系と、マスクを載置して移動するマスクステージと、マスクを透過した光束を感光剤が塗布された感光基板に投影する投影光学系と、感光基板を載置して移動する基板ステージと、マスクと感光基板とが同期して走査されるようにマスクステージと基板ステージを駆動制御するステージ制御手段とを含む露光装置において、感光基板を投影光学系の光軸方向に駆動するために基板ステージの下方に設けられた駆動手段と、感光基板に感光剤に対して不感光の光を照射する光照射手段と、感光剤で反射された不感光の光を検出する検出手段と、検出手段の検出結果に基づいて、露光中に駆動手段を制御して感光基板を投影光学系の結像位置に駆動すると共に、感光基板への露光量を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0013】制御手段は、感光剤の露光前後の反射率の差異に基づいて露光量を制御することができる。また、制御手段は、感光剤の露光前後の反射率と、マスクの光透過部分と遮光部分の比率とに基づいて、光源の光量を制御することができる。本発明によると、走査露光中においても露光量測定が可能となり、リアルタイムのより細かな露光量制御が可能になる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、ステップ・アンド・スキャン型の投影露光装置の一例を示す概略図である。光源及びオプティカル・インテグレータ等を含む光源系11からの露光用の照明光1Lが、第1リレーレンズ12、ブラインド（可変視野絞り）13、第2リレーレンズ14、ミラー15、及びメインコンデンサーレンズ16を介して、均一な照度分布でマスク17のパターン形成面のスリット状の照明領域18を照明する。ブラインド13の配置面はマスク17のパターン形成面とほぼ共役であり、ブラインド13の開口の位置及び形状により、照明領域18の位置及び形状が設定される。

【0015】マスク17上の照明領域18内のパターンの投影光学系PLを介した像が、フォトレジストが塗布されたウエハW上のスリット状の露光領域23内に投影露光される。ここで、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、その光軸に垂直な2次元平面内で図1の紙面に平行にX軸を、図1の紙面に垂直にY軸を取る。マスク17はマスクステージ19上に保持され、マスクステージ19はマスクベース20上で走査方向であるX方向に例えばリニアモータにより駆動される。マスクステージ19上の移動鏡28及び外部のレーザ干渉計29によりマスク17のX座標が計測され、このX座標の情報が装置全体の動作を統轄制御する主制御系30に供給される。主制御系30は、マスクステージ駆動系31及びマスクステージ19を介してマスク17の位置及び移動速度の制御を行う。

【0016】一方、ウエハWは、不図示のウエハホルダを介してZチルトステージ24上に保持され、Zチルトステージ24は3個のZ方向に移動自在なアクチュエータ26A～26Cを介してYステージ25Y上に載置され、Yステージ25Yは、Xステージ25X上に例えば送りねじ方式でY方向に移動されるように載置され、Xステージ25Xは、装置ベース27上に例えば送りねじ方式でX方向に移動されるように載置されている。3個のアクチュエータ26A～26Cを並行に伸縮させることにより、Zチルトステージ24のZ方向の位置の調整（フォーカシング）が行われ、3個のアクチュエータ26A～26Cの伸縮量を個別に調整することにより、Zチルトステージ24のX軸及びY軸の回りの傾斜角の調整（レベリング）が行われる。

【0017】また、Zチルトステージ24の上端に固定されたX軸用の移動鏡32X及び外部のレーザ干渉計33Xにより、ウエハWのX座標が常時モニタされ、Y軸用の移動鏡32Y及び外部のレーザ干渉計33Y（図6参照）により、ウエハWのY座標が常時モニタされ、検出されたX座標及びY座標が主制御系30に供給されている。

【0018】主制御系30は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動系34を介してXステージ25

X、Yステージ25Y、及びZチルトステージ24の動作を制御する。例えば、投影光学系PLが投影倍率 β (β は例えば1/4等)で倒立像を投影するものとして、マスクステージ19を介してマスク17を照明領域18に対して+X方向(又は-X方向)に速度 V_R で走査すると同期して、Xステージ25Xを介してウエハWが露光領域23に対して-X方向(又は+X方向)に速度 $V_W (= \beta \cdot V_R)$ で走査される。

【0019】次に、ウエハWの表面のZ方向の位置(焦点位置)を検出するための多点AF系35の構成につき説明する。この多点AF系35において、光源36から射出されたフォトレジストに対して非感光性の検出光が、コンデンサーレンズ37を介して送光スリット板38内の多数のスリットを照明し、それらスリットの像が対物レンズ39を介して、投影光学系PLの光軸に対して斜めにウエハW上の露光領域23及びこの前後の先読み領域45A、45B(図2参照)の15個の計測点 $P_{11} \sim P_{53}$ に投影される。

【0020】図2は、ウエハW上の計測点 $P_{11} \sim P_{53}$ の配置を示し、この図2において、スリット状の露光領域23に対して-X方向、及び+X方向側にそれぞれ先読み領域45A及び45Bが設定されている。そして、露光領域23内に3行×3列の計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ が設定され、先読み領域45A内に3個の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ が設定され、先読み領域45B内に3個の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ が設定されている。ウエハWを+X方向に走査するときは先読み領域45B内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ による計測値が使用され、-X方向に走査するときは先読み領域45A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ による計測値が使用される。

【0021】図1に戻って、各計測点からの反射光は、集光レンズ40を介して振動スリット板41上に集光され、振動スリット板41上にそれら計測点に投影されたスリット像が再結像される。振動スリット板41は、主制御系30からの駆動信号DSにより駆動される加振器42により所定方向に振動している。振動スリット板41の多数のスリットを通過した光が光電検出器43上の多数の光電変換素子によりそれぞれ光電変換され、これら光電変換信号が信号処理系44に供給される。

【0022】図3は、送光スリット板38を示す。送光スリット板38には、図2のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{53}$ に対応する位置にそれぞれスリット38 $_{11} \sim 38_{53}$ が形成されている。また、振動スリット板41上にも、図4に示すように図2のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{53}$ に対応する位置にそれぞれスリット41 $_{11} \sim 41_{53}$ が形成され、振動スリット板41は加振器42により各スリットの長手方向に直交する計測方向に振動している。

【0023】図5は、光電検出器43及び信号処理系44を示す。光電検出器43上の1行目の光電変換素子43 $_{11} \sim 43_{13}$ には、それぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ から反射されて、振動スリット板41中の対応するスリッ

トを通過した光が入射する。同様に、2行目～4行目の光電変換素子43 $_{21} \sim 43_{43}$ には、それぞれ図2の計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ から反射されて、振動スリット板41中の対応するスリットを通過した光が入射し、5行目の光電変換素子43 $_{51} \sim 43_{53}$ には、それぞれ図2の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ から反射されて、振動スリット板41中の対応するスリットを通過した光が入射する。

【0024】そして、光電変換素子43 $_{11} \sim 43_{53}$ からの検出信号は、増幅器56 $_{11} \sim 56_{53}$ を介して同期整流器57 $_{11} \sim 57_{53}$ に供給される。同期整流器57 $_{11} \sim 57_{53}$ はそれぞれ加振器42用の駆動信号DSを用いて入力された検出信号を同期整流することにより、対応する計測点の焦点位置に所定範囲でほぼ比例して変化する計測信号を生成する。この例では、同期整流器57 $_{11} \sim 57_{53}$ から出力される計測信号は、それぞれ図1において対応する計測点が投影光学系PLの結像面(ベストフォーカス面)に合致しているときに0になるようにキャリブレーションが行われている。また、先読み領域45A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ からの反射光を検出する光電変換素子43 $_{11} \sim 43_{13}$ からの検出信号は加算増幅器56Aに入力されて加算され、同様に先読み領域45B内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ からの反射光を検出する光電変換素子43 $_{51} \sim 43_{53}$ からの検出信号は加算増幅器56Bで加算される。

【0025】加算増幅器56A、56B及び同期整流器57 $_{11} \sim 57_{53}$ から出力される計測信号は、並列にマルチプレクサ58に供給され、マルチプレクサ58は、主制御系30内のマイクロプロセッサ(MPU)60からの切り換え信号に同期して、供給される計測信号から順番に選ばれた計測信号をA/D変換器59に供給し、A/D変換器59から出力されるデジタルの計測信号が順次主制御系30内のメモリ61内に格納される。

【0026】図6は、図1に示した3個のアクチュエータ26A～26Cの駆動系を示す説明図である。主制御系30のメモリ61には、各アドレス61 $_{11} \sim 61_{53}$ 内にそれぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{53}$ での計測位置を示すデジタルの計測信号が格納されている。またアドレス61 $_{10}$ には先読み領域45A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ からの反射光強度信号を加算した計測信号が格納され、アドレス61 $_{60}$ には先読み領域45B内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ からの反射光強度信号を加算した計測信号が格納されている。なお、これらの計測信号は、所定のサンプリング周期で逐次書き換えられている。メモリ61の各アドレス61 $_{10} \sim 61_{60}$ から読み出された計測信号は、並列に演算部62に供給される。メモリ61のアドレス61 $_{11} \sim 61_{53}$ から読み出された計測信号は、露光領域23の中心での焦点位置 Z_b 、Y軸の回りでの傾斜角 θ_x 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_y を求めるのに使用され、アドレス61 $_{10}$ 及び61 $_{60}$ から読み出された計測信号は、後述する露光領域23の露光量制御のために使用される。

【0027】いま、ウエハWが-X方向に走査されているとすると、演算部62では、図2の露光領域23内の計測点P₂₁～P₄₃に対応するアドレス61₂₁～61₄₃から読み出された計測信号と、先読み領域45A内の計測点P₁₁～P₁₃に対応するアドレス61₁₁～61₁₃から読み出された計測信号を用いて、以下に説明するようにして露光領域23の中心での焦点位置(Z座標)Z_b、Y軸の回りでの傾斜角θ_x、及びX軸の回りでの傾斜角θ_yを求める。ウエハWが+X方向に走査されているときには、演算部62では、図2の露光領域23内の計測点P₂₁～P₄₃に対応するアドレス61₂₁～61₄₃から読み出された計測信号と、先読み領域45B内の計測点P₅₁～P₅₃に対応するアドレス61₅₁～61₅₃から読み出された計測信号を用い、同様にして焦点位置Z_b、傾斜角θ_x、及び傾斜角θ_yを求める。

【0028】以下では、ウエハWが-X方向に走査されているとして、露光領域23内の計測点P₂₁～P₄₃に対応するアドレス61₂₁～61₄₃から読み出された計測信号Z₂₁～Z₄₃と、先読み領域45A内の計測点P₁₁～P₁₃に対応するアドレス61₁₁～61₁₃から読み出された計測信号Z₁₁～Z₁₃を用いる場合について説明する。なお、露光領域23内の複数の計測点からの計測信号と先読み領域内の複数の計測点からの計測信号の組み合わせの仕方、及びそれらの計測信号から焦点位置Z_b、傾斜角θ_x、傾斜角θ_yを求める方法に関しては種々の方法があり、そのどの方法を採用しても構わない。以下に説明する方法は、その一例にすぎない。

【0029】まず、演算部62における焦点位置Z_bの計算について説明する。焦点位置Z_bの計算にあたっては、露光領域23内の9点の計測点P₂₁～P₄₃をほぼ同じY座標を有する3つのグループ、すなわち第1グループ(P₂₁, P₃₁, P₄₁)、第2グループ(P₂₂, P₃₂, P₄₂)、及び第3グループ(P₂₃, P₃₃, P₄₃)にグループ分けする。また、先読み領域45A内の計測点P₁₁を第4グループ、計測点P₁₂を第5グループ、計測点P₁₃を第6グループとする。そして、グループ内で計測値を平均化した後、各グループごとに重みをつけて加算し、さらにその和を重みの総和で割る。すなわちグループ内で平均化したあと加重平均化処理する。このグループ内平均化、加重平均化処理の両方により平均化効果を高めている。各計測点P₁₁～P₄₃における計測値をZ₁₁～Z₄₃とすると、この焦点位置Z_bの計算式は次の

$$\begin{bmatrix} VZ_1 \\ VZ_2 \\ VZ_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K\theta_x & 0 & 0 \\ 0 & K\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\theta_x \\ -\theta_y \\ -Z_b \end{bmatrix}$$

【0036】アクチュエータ26A、26B、26Cの座標(X₁, Y₁), (X₂, Y₂), (X₃, Y₃)は、ウ

【数1】で表される。

【0030】

【数1】 $Z_b = [(Z_{21} + Z_{31} + Z_{41}) \cdot W_1 / 3 + (Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}) \cdot W_2 / 3 + (Z_{23} + Z_{33} + Z_{43}) \cdot W_3 / 3 + Z_{11} \cdot W_4 + Z_{12} \cdot W_5 + Z_{13} \cdot W_6] / N$
ただし、 $N = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6$ である。

【0031】なお、重み係数の設定にあたっては、露光領域23の中央部分、すなわち第2グループに対する重み係数W₂を他のグループに対する重み係数W₁, W₃, W₄, W₅, W₆に比べて大きく設定するのが好適である。これは、第2グループに属する計測点P₂₂～P₄₂の計測値は露光領域23の高さをよく表しているの、計測値Z₂₂～Z₄₂を重視して焦点位置Z_bを計算すると露光領域23全体にわたって良好なフォーカシングを達成できると考えられるからである。この重み係数は、予め主制御系30内のメモリに記憶されている。

【0032】演算部62では、この焦点位置Z_bの算出に加えて、露光領域23内の各測定点P₂₁～P₄₃における計測値Z₂₁～Z₄₃から最小自乗近似法によって露光領域23の表面を表す平面を決定する。そして、投影光学系PLの最良結像面に対する露光領域23の平面のY軸の回りでの傾斜角θ_x、及びX軸の回りでの傾斜角θ_yを求める。

【0033】これらの焦点位置Z_b、傾斜角θ_x, θ_yは、それぞれ目標位置/速度変換部68に供給される。また、レーザ干渉計33X及び33Yで計測されたZチルトステージ24(ウエハW)のX座標及びY座標も目標位置/速度変換部68に供給されている。

【0034】目標位置/速度変換部68では、先ず、供給されたZチルトステージ24のX座標及びY座標より、投影光学系PLの光軸を原点とした場合の3個のアクチュエータ26A, 26B, 26Cのそれぞれの作用点の座標(X₁, Y₁), (X₂, Y₂), (X₃, Y₃)を算出する。また、予め傾斜角θ_x、傾斜角θ_y、及び焦点位置Z_bのそれぞれの位置制御系のループゲインK_{θx}, K_{θy}、及びK_zが記憶されており、目標位置/速度変換部68では次の【数2】によって3個のアクチュエータ26A, 26B, 26Cへのそれぞれの速度指令値V_{Z1}, V_{Z2}, V_{Z3}を算出する。

【0035】

【数2】

エハWが走査されるのに応じて変化するため、目標位置/速度変換部68は、例えばウエハWの位置が所定ステ

ップ変化する毎に、又は所定の時間間隔で逐次前記〔数 2〕の演算を行って速度指令値 VZ_1 、 VZ_2 、 VZ_3 を算出する。これらの速度指令値 $VZ_1 \sim VZ_3$ は、速度コントローラ 70 に供給され、速度コントローラ 70 は、パワーアンプ 71A～71C を介してアクチュエータ 26A～26C を駆動する。また、アクチュエータ 26A～26C の内部のロータリエンコーダからの速度検出信号が速度コントローラ 70 にフィードバックされている。これにより、アクチュエータ 26A、26B、26C は、それぞれ先端部が駆動速度 VZ_1 、 VZ_2 、 VZ_3 で Z 方向に駆動される。

【0037】そして、そのアクチュエータ 26A～26C により駆動された後のウエハ W の表面の位置及び傾斜角が、図 1 に示した多点 AF 系 35 及び図 6 に示した演算部 62 等により計測され、この計測結果と目標値との偏差が目標位置／速度変換部 68 にフィードバックされる。走査露光中にそのように Z チルトステージ 24 の傾斜角及び焦点位置をサーボ制御することによって、ウエハ W の露光領域 23 が、常にマスク 17 の照明領域 18 内のパターンの投影像の結像面に合致した状態で露光が行われる。

【0038】次に、ウエハ W の露光領域 23 の露光量の測定及び露光量制御の方法について説明する。本発明では、ウエハ W に塗布されたフォトレジスト等の感光剤が光照射によって光化学反応を起こし、その表面反射率が露光の前後で変化することを利用して露光量を検出する。適正露光後の感光剤の表面反射率又は反射光強度は予備的な実験によって予め測定され、入力手段 63 からメモリ 64 に入力されて目標値として記憶されている。

【0039】露光後の感光剤の表面反射率又は表面反射光強度は、ウエハ W が -X 方向に走査されているときは先読み領域 45B 内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ での反射光を検出することにより計測され、ウエハ W が +X 方向に走査されているときは先読み領域 45A 内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ での反射光を検出することにより計測される。いま、ウエハ W が -X 方向に走査されているとすると、演算部 62 ではメモリ 61 のアドレス 6160 から計測信号を読み出し、メモリ 64 に記憶されている目標値と比較する。比較の結果、露光量が少ないと判定されたとき、演算部 62 は露光量を増加させる制御を行い、露光量が多すぎると判定されたとき、演算部 62 は露光量を減少させる制御を行う。

【0040】露光領域 23 の露光量は、露光光源の発光量、光源系 11 内に設置されているブラインドの走査方向に見た開口幅、及び同期して走査されるマスク 17 とウエハ W の走査速度によって決定される。したがって、露光量制御を行うには、光源系 11 内に配置された露光光源の光量、ブラインドの開口幅、マスクステージ 19 と X ステージ 25X の走査速度の少なくとも 1 つを制御すればよい。この例では、露光光源の光量を制御するこ

とで露光量制御を行っている。露光光源の光量制御は、光源の電源電圧制御、あるいはパルス光源の場合にはパルス周波数の増減等によって行われる。

【0041】メモリ 61 のアドレス 6160 から読み出された計測信号は、先読み領域 45B（露光後の領域）内の 3 つの計測点 P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} での平均的反射光強度を表している。ところで、ウエハ W 上の露光領域 23 にはマスク 17 に形成されたパターンが転写されるため、スリット状の計測点 P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} で走査されるウエハ W 上の全領域が均一に露光されているわけではない。すなわち、マスク 17 に形成されたパターンの透明部分が投影された部分は露光されているが、遮光部分が投影された部分は露光されていない。したがって、計測点 P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} の位置における反射光強度のみでは露光量を正確に評価することができず、計測点における露光部分と非露光部分の比率を考慮する必要がある。

【0042】各計測点 P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} の位置における露光部分と非露光部分の比率はマスク 17 に形成されたパターンの様子から知ることができる。例えば、パターン露光に使用する各マスクに対して、マスクの全領域でパターンの透光部分と遮光部分の比率を予め測定し、その情報を例えばマスク番号をキーにして記憶手段に記憶しておく。そして、マスクが不図示のマスク収納ラックからマスクステージ 19 に運ばれる際に、マスク番号をもとに記憶手段からそのマスクパターンの透光部分と遮光部分の比率データを主制御系 30 内のメモリ 64 に読み込むことで、露光領域 23 に於けるパターンの露光、非露光部分の比率がわかる。演算部 62 では、メモリ 64 から読み出された露光部分の比率データとメモリ 61 のアドレス 6160 から読み出された計測点 P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} での平均的反射光強度データとから、各時点で露光量が適切であるかどうかの判定を行い、判定結果に基づいて前述した露光量制御をリアルタイムに実行する。

【0043】また、ウエハ W 上には通常複数のパターンが何層にも重ね合わされて形成されているため、その上に塗布されたフォトレジスト等の感光剤の表面は完全に平坦であるとは限らない。感光剤の表面が平坦でない、感光剤表面に照射された光線は一部散乱を生じたりして測定される反射光強度の測定値に誤差が生じる。ウエハ W に塗布された感光剤の同一場所の表面反射光強度を露光の前後で測定し、この露光前後の測定値を比較することで感光剤の表面状態による影響を相殺し、測定誤差の発生を回避することができる。

【0044】ウエハ W が -X 方向に走査されているとき、露光前の感光剤の表面反射率すなわち表面反射光強度は、露光領域 23 の走査方向前方に位置する先読み領域 45A 内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ での反射光を検出することにより計測され、露光後の感光剤の表面反射率すなわち表面反射光強度は、先読み領域 45B 内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ での反射光を検出することにより計測される。ウ

エハWが+X方向に走査されているときは、逆に先読み領域45A内の計測点P₁₁～P₁₃から露光後の感光剤の表面反射率すなわち表面反射光強度が計測され、先読み領域45B内の計測点P₅₁～P₅₃から露光前の感光剤の表面反射率すなわち表面反射光強度が計測される。

【0045】ただし、2つの先読み領域45A、45Bの間の距離をD、露光領域23に対するウエハWの走査速度をV_wとすると、2つの先読み領域45A、45BはウエハW上の同一場所をD/V_wだけの時間差をもって計測していることを考慮しなければならない。ウエハW上の同一場所についての計測値を比較するために、時間D/V_wの間の計測データを記憶しておくメモリが設けられる。

【0046】いま、ウエハが-X方向に走査されているとすると、演算部62ではメモリ61のアドレス61₆₀から計測信号D_a（露光後の反射光強度データ）を読み出す。また、メモリ61のアドレス61₁₀の計測信号を記憶しているメモリから時間D/V_wだけ前の計測信号D_b（露光前の反射光強度データ）を読み出す。そして、例えば次の【数3】で表される2つの計測信号の差分を計算し、メモリ64に記憶してある目標値と比較することで、露光量が適切であるかどうかの判定を行い、判定結果に基づいて前述した露光量制御をリアルタイムに実行する。

【0047】

【数3】 $(D_a - D_b) / D_b$

【0048】この場合においても、前述のように、各計測点P₅₁、P₅₂、P₅₃の位置における露光部分と非露光部分の比率のデータを加味することにより、正確な露光量制御を行うことができる。

【0049】

【発明の効果】本発明によれば、走査露光中においても露光量の計測を行うことができ、露光量の制御をリアルタイムに行うことができる。また、走査露光方式の露光装置に備わっている2次元多点AF系のセンサを露光量計測用のセンサと兼用させることで、既存の装置構成に大きな変更を加えることなく露光量の計測及び制御機能を付加することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ステップ・アンド・スキャン型の露光装置の一例を示す図。

【図2】ウエハ上の計測点の配置を示す図。

【図3】送光スリット板を示す図。

【図4】振動スリット板を示す図。

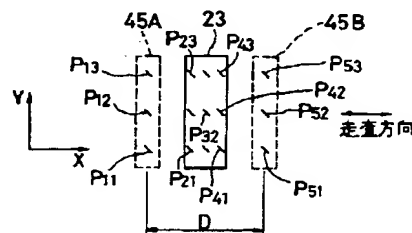
【図5】光電検出器及び信号処理系を示す図。

【図6】制御系の説明図。

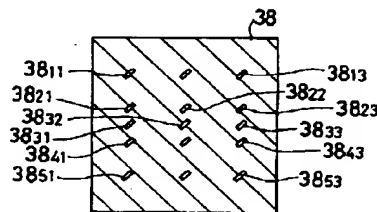
【符号の説明】

11…光源系、17…マスク、19…マスクステージ、23…露光領域、24…Zフィルタステージ、26A～26C…アクチュエータ、30…主制御系、31…マスクステージ駆動系、35…多点AF系、38…送光スリット板、41…振動スリット板、43…光電検出器、44…信号処理系、45A、45B…先読み領域、56₁₁～56₅₃…増幅器、56A、56B…加算増幅器、57₁₁～57₅₃…同期整流器、58…マルチプレクサ、61…メモリ、63…入力手段、64…メモリ、62…演算部、68…目標位置/速度変換部、70…速度コントローラ、71A～71C…パワーアンプ、PL…投影光学系、W…ウエハ

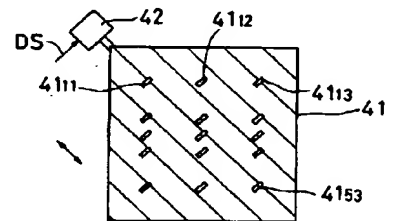
【図2】



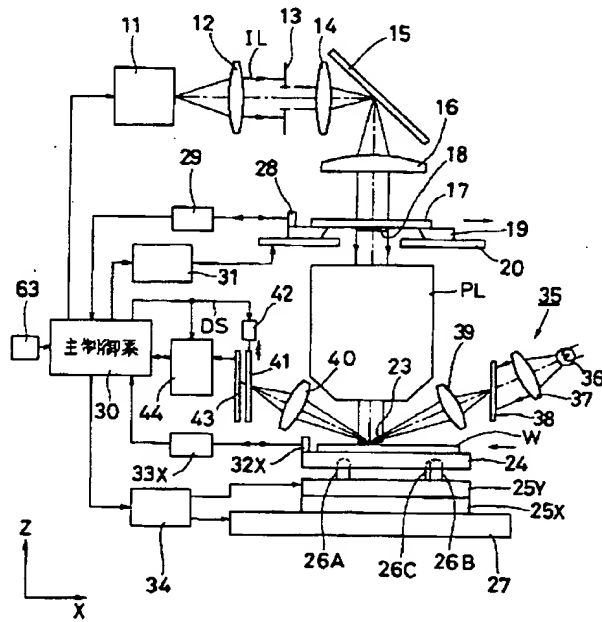
【図3】



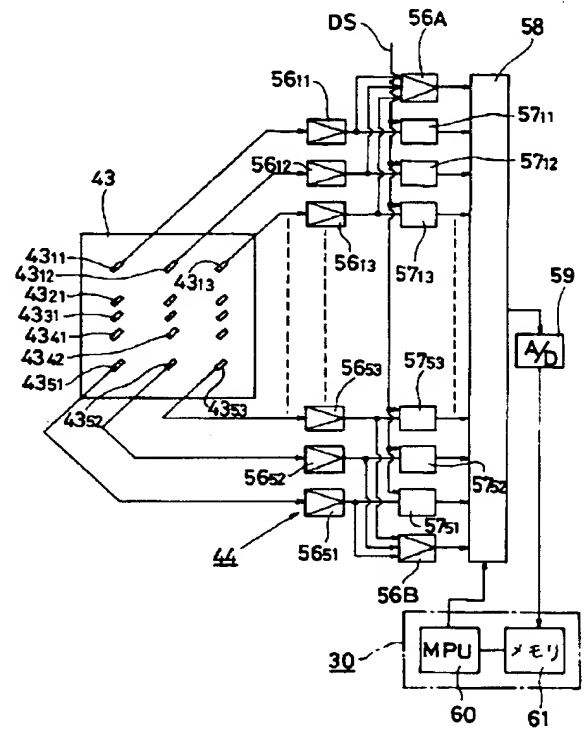
【図4】



【図1】



【図5】



【図6】

